

PERANCANGAN MESIN PENCACAH RUMPUT MULTIFUNGSI DENGAN METODE VDI 2221

Usdek Panjaitan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains dan Teknologi Nasional
JL. Moh Kahfi II, Jagakarsa, Jakarta 12640, Indonesia
usdek@istn.ac.id

ABSTRAK

Di Indonesia banyak penduduk yang berprofesi sebagai peternak, jika peternak yang memiliki jumlah ternak banyak akan mencacah rumput gajah dengan cara manual, itu akan menghabiskan waktu, jadi dengan adanya alat pencacah rumput multifungsi akan sangat membantu menghemat waktu. Jadi alat pencacah rumput multifungsi adalah teknologi tepat guna. Proses untuk membuat alat pencacah rumput multifungsi ini adalah dengan melakukan perhitungan poros dan pasak, daya yang dibutuhkan alat ini dan kapasitas produksi. Dari proses perhitungan alat pencacah rumput multifungsi didapatkan daya motor sebesar 5,5 Hp dengan putaran 4000 rpm, diameter poros 3,2 cm dengan bahan ST 41, dan proses produksi didapatkan 1500 kg / jam.

Kata Kunci : Poros, daya, rumput, mesin, ternak

ABSTRACT

In Indonesia many people who work as breeder. If the breeder will cut grass by hand, it will spend the time, so with the bulrush enumerator tool will greatly help save time. Bulrush enumerator tool is a tool that can help save time. So apparatus bulrush enumerator is appropriate technology. The process to make the bulrush enumerator tool is to perform calculations and peg shaft, power tools required enumerator of bulrush, the production capacity of the apparatus bulrush enumerator. Of the calculating tool in bulrush chopper machine multifunction get motor power 5,5 Hp to 4000 rpm, shaft diameter of 3,2 cm with a material ST 41, and the process of production obtained in 1500 kg / hour.

Keywords : Axle, power, grass, machine, livestock

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sebagian masyarakat Indonesia berprofesi sebagai peternak dan petani. Salah satu ternak yang dipelihara adalah sapi pedaging. Sapi yang banyak dipelihara yaitu sapi jenis suntikan, seperti diamond limousind, braman cross, bos taurus dan fries holland. Jenis sapi ini banyak disukai peternak karena pertumbuhannya relatif cepat. Disamping itu, dalam pemeliharanya membutuhkan waktu yang lebih sedikit dibanding dengan sapi jenis

lainnya, namun kebutuhan pakannya lebih banyak.

Rumput harus disediakan peternak sebagai pakan utama ternak setiap harinya. Pakan tambahan juga harus diberikan untuk menambah gizi agar daging ternak lebih cepat berkembang. Pakan tambahan tersebut seperti bekatul, ramuan, sentrat, ketela, ampas tahu dan lainnya. Peternak berinisiatif mencampurkan rumput dengan pakan tambahan untuk menghemat biaya. Sebelum dicampur rumput harus dirajang (dicacah) terlebih dahulu, agar dalam proses pencampuran mudah dilakukan. Rumput

yang sudah dirajang kemudian dicampur dengan bekatul, potongan ketela, sentrat, sedikit ramuan, garam dan diberi air secukupnya sesuai takaran.

Peternak setiap hari harus menyediakan rumput dalam jumlah yang cukup banyak untuk dirajang sebagai bahan pakan ternak. Mayoritas peternak dalam mencacah rumput masih menggunakan sabit, sehingga apabila rumput dalam jumlah yang cukup banyak maka dibutuhkan waktu dan tenaga yang lebih banyak.

Peternak membutuhkan alat bantu agar dalam proses mencacah atau merajang rumput dapat menghemat waktu dan tenaga yang dikeluarkan, sehingga dalam merajang atau mencacah diperlukan waktu yang singkat. Sebuah alat pencacah sangat dibutuhkan oleh peternak. Selain untuk mencacah rumput alat ini juga dapat dimultifungsikan untuk mencacah dedaunan kering dan bebuahan busuk untuk dijadikan pupuk organik oleh para petani.

Secara umum mesin pencacah multifungsi ini terdiri dari motor yang berfungsi sebagai penggerak, sistem transmisi, casing, poros rangka, dan pisau perajang. Hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan Mesin Pencacah multifungsi ini adalah bagaimana membuat mesin dengan rangka yang kuat, pisaunya tajam sampai beberapa kali pemotongan, ergonomis, harganya terjangkau dan mudah didapat di pasaran. Mesin atau alat pencacah pakan ternak tersebut harus berfungsi secara maksimal sesuai fungsi dan kebutuhannya merupakan hal yang paling utama.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam perancangan mesin ini, terdapat masalah dalam merancang mesin pencacah multifungsi adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses pencacahan pada mesin pencacah multifungsi?
2. Bagaimanakah sistem transmisi yang digunakan pada mesin?
3. Berapakah daya motor yang dibutuhkan mesin?

4. Bagaimana tingkat keamanan mesin tersebut?
5. Bagaimana gambar kerja konstruksi mesin?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan untuk menghasilkan mesin pencacah multifungsi, maka permasalahan difokuskan pada proses pencacahan pada mesin, rancangan mesin yang mampu menghasilkan kapasitas produk 1500 kg/jam dengan hasil potongan seragam 2 cm, sistem transmisi, daya motor penggerak, tingkat keamanan dan gambar kerja.

1.4 Tujuan Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan perancangan mesin pencacah multifungsi ini adalah :

1. Mengetahui proses pencacahan pada mesin pencacah multifungsi.
2. Mengetahui sistem transmisi pada mesin.
3. Mengetahui berapa daya motor yang diperlukan mesin.
4. Mengetahui tingkat keamanan dari mesin.
5. Mengetahui gambar kerja mesin pencacah rumput.

1.5 Manfaat Perancangan

Manfaat dari perancangan dan pembuatan mesin pencacah multifungsi adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Sebagai suatu penerapan teori dan kerja praktek yang diperoleh saat dibangku perkuliahan.
 - b. Mampu mengenalkan mesin yang praktis dan ekonomis kepada mahasiswa lainnya yang akan mengambil proyek akhir, sehingga terinovasi untuk menghasilkan produk yang lebih baik.
 - c. Melatih kedisiplinan serta kerjasama antar mahasiswa baik individual maupun kelompok.

2. Bagi Fakultas Teknik Institut Sains dan Teknologi Nasional
 - a. Sebagai bahan kajian di Jurusan Teknik Mesin dalam mata kuliah bidang teknik mesin.
 - b. Merupakan teknologi yang perlu dikembangkan di kemudian hari sehingga menghasilkan mesin pencacah/perajang multifungsi yang lebih baik.
3. Bagi Masyarakat
 - a. Terciptanya mesin ini, diharapkan membantu masyarakat peternak sapi dan petani untuk mempermudah proses produksi perajangan rumput dan pupuk organik dengan waktu yang lebih singkat dan tenaga yang lebih efisien.
 - b. Membantu dalam meningkatkan efektifitas dan efisiensi produksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada bab ini memberikan gambaran yang jelas mengenai pokok pembahasan dalam penulisan tugas akhir, dilakukan secara sistematis dengan membagi kedalam lima bab yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menerangkan tentang latar belakang, dilanjutkan dengan perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, metode perancangan, waktu dan tempat perancangan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan tentang teori-teori dan rumusan yang mendukung dalam perancangan.

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

Pada bab ini berisi tentang tahapan tahapan perancangan dengan metode VDI 2221

BAB IV PEMBAHASAN MESIN PENCACAH RUMPUT MULTIFUNGSI

Pada bab ini berisi mengenai analisa biaya dan waktu produksi.

BAB V KESIMPULAN

Berisi kesimpulan yang membuat pernyataan seingkat dan tepat dari penjabaran hasil perancangan dan pembahasan serta saran. Bagian ini akhir

dari skripsi, berisi daftar lampiran serta pelengkap laporan skripsi.

DAFTAR PUSTAKA

II. TUNJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Singkat Dari Mesin Pencacah Multifungsi

2.1.1 Rumput gajah (Pennisetum purpureum)

Rumput Gajah atau disebut juga rumput napier, merupakan salah satu jenis hijauan pakan ternak yang berkualitas dan disukai ternak. Rumput gajah dapat hidup diberbagai tempat (0 – 3000 dpl), tahan lindungan, respon terhadap pemupukan, serta menghendaki tingkat kesuburan tanah yang tinggi. Rumput gajah tumbuh merumpun dengan perakaran serabut yang kompak, dan terus menghasilkan anakan apabila dipangkas secara teratur.



Gambar 2.1. Rumput Gajah

Rumput gajah ini selain bermanfaat sebagai pakan ternak, berperan juga dalam pengawetan tanah dan air, namun dapat berfungsi ganda yaitu berkemampuan untuk membantu mencegah berlangsungnya erosi. Pada lahan tumpang sari, rumput gajah dapat ditanam pada guludan-guludan sebagai pencegah longsor akibat erosi. Morfologi rumput gajah yang rimbun, dapat mencapai tinggi lebih dari 2 meter sehingga dapat berperan sebagai penangkal angin (wind break) terhadap tanaman utama.

Rumput gajah dibudidayakan dengan potongan batang (stek) atau sobekan rumpun (pous) sebagai bibit. Bahan stek berasal dari batang yang sehat dan tua, dengan panjang stek 20 – 25 cm (2 – 3 ruas atau paling sedikit 2 buku atau mata). Pemotongan pada waktu penanaman ruas mata dapat untuk bibit yang berasal dari sobekan rumpun/ anakan (pous) sebaiknya berasal dari rumpun yang sehat, banyak mengandung akar dan calon anakan baru. Sebelum penanaman bagi vegetatif dari sobekan rumput dipangkas terlebih dahulu

untuk menghindari penguapan yang tinggi sebelum sistem perakaran dapat aktif menghisap air.

2.1.2 Sampah Organik

Sampah organik adalah barang yang dianggap sudah tidak terpakai dan dibuang oleh pemilik/pemakai sebelumnya, tetapi masih bisa dimanfaatkan untuk pupuk. Sampah organik adalah sampah yang bisa mengalami pelapukan (dekomposisi) dan terurai menjadi bahan yang lebih kecil dan tidak berbau (sering disebut dengan kompos).

Kompos merupakan hasil pelapukan bahan-bahan organik seperti daun-daunan, jerami, alang-alang, sampah dan bahan lain yang sejenis yang proses pelapukannya dipercepat oleh bantuan manusia. Sampah pasar khusus seperti pasar sayur mayur, pasar buah, atau pasar ikan, jenisnya relatif seragam, sebagian besar (95%) berupa sampah organik sehingga lebih mudah ditangani. Sampah yang berasal dari pemukiman umumnya sangat beragam, tetapi secara umum minimal 75% terdiri dari sampah organik dan sisanya anorganik. Sampah organik berasal dari makhluk hidup, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Maka dapat dimanfaatkan untuk pupuk tanaman yang diolah melalui mesin pencacah multifungsi.

Sampah organik sendiri dibagi menjadi:

2.1.2.1 Sampah organik basah

Istilah sampah organik basah dimaksudkan sampah mempunyai kandungan air yang cukup tinggi. Contohnya kulit buah dan sisa sayuran.

2.1.2.2 Sampah organik kering.

Sementara bahan yang termasuk sampah organik kering adalah bahan organik lain yang kandungan airnya kecil. Contoh sampah organik kering di antaranya kertas, kayu atau ranting pohon, dan dedaunan kering.

2.1.3 Mesin pencacah multifungsi

Mesin ini merupakan mesin serbaguna untuk perajang hijauan, khususnya digunakan untuk merajang rumput pakan ternak dan sampah organik. Pencacahan ini dimaksudkan untuk mempermudah ternak

dalam memakan, disamping itu juga untuk memperirrit rumput dan mengurangi tumpukan sampah organik yang berserakan disekitar rumah.

Mesin pencacah multifungsi ini menggunakan motor bakar sebagai sumber tenaga penggerak. Mesin ini mempunyai sistem transmisi tunggal yang berupa sepasang pulley dengan perantara v-belt. Saat motor bakar dinyalakan, maka putaran motor akan langsung ditransmisikan ke pulley 1 yang dipasang seporos dengan motor bakar. Dari pulley 1, putaran akan ditransmisikan ke pulley 2 melalui perantara v-belt, kemudian pulley 2 berputar, maka poros yang berhubungan dengan pulley akan berputar sekaligus memutar pisau perajang. Hal tersebut dikarenakan pisau perajang dipasang seporos dengan pulley 2.

Meski terkesan memiliki fungsi yang sederhana namun mesin berperan cukup besar dalam proses pencacahan. Mesin pencacah multifungsi ini terdapat beberapa bagian utama seperti : motor penggerak, poros, casing, sistem transmisi dan pisau perajang.

III. METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Metode VDI 2221

Metode perancangan yang sistematis diperlukan dalam proses mendesain suatu produk agar memenuhi beberapa aspek seperti kenyamanan, kepraktisan dan kemudahan saat penggunaan, pemeliharaan, perbaikan serta keamanan / keselamatan.

Perancangan dengan menggunakan metode VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure) (Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz dalam bukunya Engineering Design: A Systematic Approach) merupakan salah satu metode dengan pendekatan sistematis untuk menyelesaikan permasalahan serta mengoptimalkan penggunaan material dan teknologi. Metode perancangan VDI 2221 yang sistematis diharapkan dapat mempermudah perancang untuk menguasai sistem perancangan tanpa harus menguasai secara detail. Metode ini membantu mempermudah proses merancang sebuah

produk dan mempermudah proses belajar bagi pemula serta dapat mengoptimalkan produktivitas perancang untuk mencari pemecahan masalah paling optimal.

3.2 Tahapan Metode VDI 2221 :

- Tahap I : Klasifikasi Tugas (Clarification of the Task).
- Tahap II : Perancangan Konsep Produk (Conceptual Design).
- Tahap III : Perancangan Wujud Produk (Embodiment Concept).
- Tahap IV : Perancangan Terinci (Detail Design).

Tahap 1 : Penjabaran Tugas (Clarification of the Task)

Tahap ini meliputi pengumpulan informasi atau data tentang syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh rancangan alat tersebut beserta batasan-batasannya. Hasil dari tahap ini berupa syarat-syarat atau spesifikasi. Untuk membantu memudahkan dalam penyusunan spesifikasi, digunakan suatu daftar periksa (check list).

Tahap 2 : Perancangan Konsep Produk (Conceptual Design)

Tahapan ini berisi tentang pembahasan tentang permasalahan abstraksi, membuat struktur fungsi, kemudian melakukan pencarian prinsip pemecahan masalah yang cocok dan kombinasi dari prinsip pemecahan masalah tersebut (konsep varian). Hasil dari tahap ini berupa pemecahan masalah dasar atau konsep.

Tahap 3 : Perancangan Wujud Produk (Embodiment Design)

Sketsa kombinasi prinsip solusi yang telah dibuat merupakan bentuk layout awal, kemudian dipilih yang memenuhi persyaratan yang sesuai dengan spesifikasi dan baik menurut kriteria, baik dari aspek teknis maupun ekonomi. Layout awal yang dipilih akan dikembangkan menjadi layout definitive yang merupakan wujud perancangan yang sesuai dengan kebutuhan dan harapan. Layout definitive meliputi beberapa hal sebagai berikut :

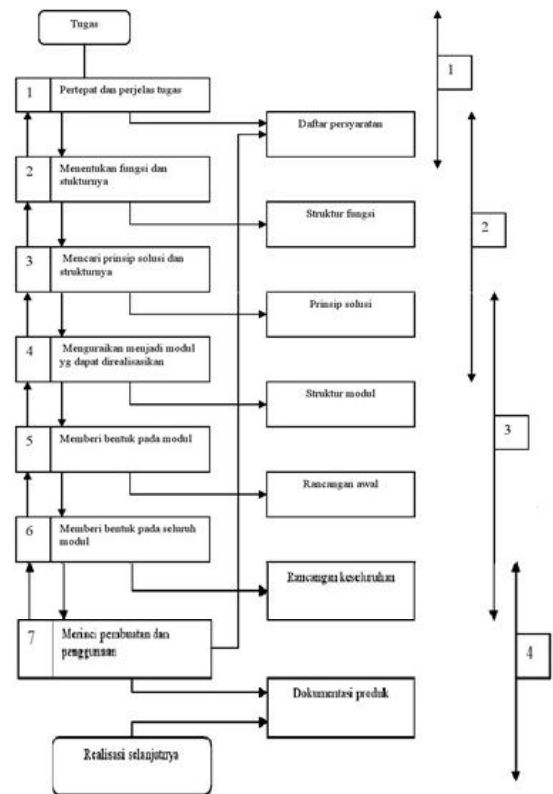
1. Bentuk elemen suatu produk.
2. Perhitungan teknik

3. Pemilihan bentuk dan ukuran

Tahap 4: Perancangan Terinci (Detail Design)

Tahapan ini merupakan tahap akhir dalam perancangan. Hasil perancangan detail berupa dokumen yang meliputi gambar mesin, detail gambar mesin, daftar komponen, spesifikasi bahan, sistem pengoperasian, toleransi dan dokumen lainnya yang merupakan satu kesatuan. Kemudian dilakukan evaluasi kembali terhadap produk, apakah benar-benar sudah memenuhi spesifikasi yang diberikan.

3 Tahap diatas dapat digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut :



IV. PEMBAHASAN PENCACAH MULTIFUNGSI

MESIN RUMPUT

4.1 Perencanaan

4.1.1 Latar Belakang Perancangan

Peternak sapi dalam setiap harinya harus menyediakan rumput dalam jumlah yang banyak untuk dirajang sebagai bahan pakan ternak. Peternak tersebut dalam mencacah rumput masih menggunakan sabit, sehingga membutuhkan tenaga dan waktu yang

cukup banyak. Untuk membantu peternak dalam proses pencacahan maka dibutuhkan mesin pencacah rumput yang sederhana tetapi menghasilkan kapasitas yang besar dan dapat dimultifungsikan untuk mencacah sampah organik disekitar rumah untuk dijadikan pupuk kompos tanaman.

4.1.2 Daftar Persyaratan

Sebelum kita mencapai spesifikasi, kita belum mengetahui gambaran secara garis besar mengenai bagaimana bentuk alat pencacah multifungsi yang mudah dalam pengoperasiannya, maka disusun daftar kehendak alat pencacah multifungsi. Daftar persyaratan mula-mula dicantumkan secara acak, kemudian disusun secara sistematis dan akhirnya ke dalam suatu format yang disebut sebagai spesifikasi.

Tahap pertama dikumpulkan ide-ide yang dikehendaki, yang keadaannya masih belum teratur, ide-ide tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Proses pembuatan mesin relatif mudah
- 2) Bahan baku mudah dicari dipasaran
- 3) Pengoperasian mesin mudah, dengan menghidupkan motor bakar, lalu memasukan rumput/sampah organik kedalam saluran masuk dengan cara didorong perlahan.
- 4) Mudah dalam penggantian/mengasah pisau perajang.
- 5) Komponen mesin mudah didapat.
- 6) Pemeliharaan dan perawatannya mudah.
- 7) Mesin mudah dipindah.

Seluruh data yang berkaitan dengan tugas yaitu tujuan pemecahan, sifat yang harus dimiliki, didefinisikan secara lengkap dan jelas menjadi daftar persyaratan seperti pada tabel 4.1 berikut ini :

Persyaratan	Pengembangan Alat Pencacah multifungsi	Identitas Klasifikasi
	Spesifikasi (Persyaratan)	Talenta
	GEOMETRI	Pemanggang Jawab
D	Rangka = 138 x 93 x 133 cm	
W	Dimensi dapat disesuaikan/pesakit	
	ENERGI	
D	Menggunakan tenaga motor	
W	Dapat diganti penggerak lain	
	KINEMATIKA	
D	Mekanismenya mudah berpasang	
	MATERIAL	
D	Mudah didapat dan murah harganya	
W	Baik Kualitas Mutunya	
D	Sesuai dengan standar umum	
D	Memiliki umur pakai yang panjang	
D	Memiliki efisiensi yang baik	
	ERGONOMI	
D	Sesuai dengan tuntutan kebutuhan	
D	Mudah dimodifikasi	
D	Tidak Bising	
D	Mudah pengoperasiannya	
	KESELAMATAN	
D	Kontrol harus kuat dan kokoh	
D	Bagian yang berbalasas ditutup	
W	Tidak menimbulkan polusi	
	PRODUKSI	
D	Dapat diproduksi bengkel kecil	
D	Suku cadang mudah dan murah didapat	
W	Biaya produksi relatif murah	
D	Dapat dikembangkan lagi	
D	Biaya perawatan murah	
	PERAWATAN	
D	Perawatan mudah dilakukan	
W	Perawatan secara berkala	
	TRANSPORTASI	
D	Mudah dipindahkan	
D	Tidak perlu alat khusus untuk memindahkannya	

4.2 Pengembangan Konsep

Setelah daftar persyaratan selesai dibuat, maka dilakukan abstraksi I dan II. Langkah demi langkah untuk mendefinisikan komponen pokoknya hasil dari abstraksi daftar persyaratan

4.2.1 Abstraksi

4.2.2 Struktur Fungsi

Struktur fungsi didefinisikan sebagai hubungan secara umum antara input dan output suatu sistem teknik yang akan menjalankan satu tugas tertentu, sedangkan fungsi keseluruhan adalah kegunaan dari suatu alat tersebut. Fungsi keseluruhan ini kemudian diuraikan menjadi beberapa sub fungsi yang mempunyai tingkat kesulitan lebih rendah. Sehingga sub fungsi merupakan tugas yang harus dijalankan oleh komponen-komponen yang akan menyusun alat tersebut. Rangkaian dari beberapa sub fungsi untuk menjalankan suatu tugas keseluruhan disebut sebagai struktur fungsi. Tujuan menetapkan struktur fungsi adalah memperoleh suatu definisi yang jelas dari sub sistem yang ada dapat diuraikan secara terpisah.

4.2.3 Fungsi Keseluruhan

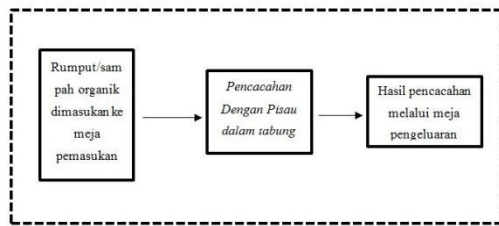
Fungsi ini digambarkan dengan diagram balok yang akan menunjukkan hubungan antara masukan dan keluaran dimana masukan dan keluaran tersebut berupa aliran energi, material dan sinyal. Seperti ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 Diagram Fungsi Keseluruhan

4.2.4 Sub Struktur Fungsi

Struktur fungsi keseluruhan yang terdapat pada gambar 3.1 masih kurang jelas, sehingga perlu diperjelas lagi dengan menguraikan menjadi subfungsi yang dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4.2 Diagram Sub Fungsi

4.2.5 Prinsip Solusi

Setelah struktur fungsi keseluruhan beserta sub fungsinya, maka mencari prinsip solusi untuk memenuhi sub fungsi tersebut. Metoda yang akan digunakan dalam mencari prinsip solusi adalah metoda kombinasi, yaitu metoda yang mengkombinasikan semua solusi yang ada dalam bentuk matriks. Prinsip solusi dibuat sebanyak mungkin, akan tetapi prinsip solusi itu dianalisa lagi, dimana prinsip solusi yang tidak berguna dapat dieliminasi atau diabaikan dengan tujuan agar dalam tahap perancangan konsep selanjutnya tidak terlalu banyak konsep yang harus dievaluasi.

Berikut ini merupakan matrix solusi komponen dari alat pencacah multifungsi seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5 :

Tabel 4.5 Matrik Solusi Alat pencacah multifungsi

NO	Unsur Mesin dan Material	Prinsip Solusi Variasi		
		1	2	3
1	Sumber tenaga penggerak			
2	Profil rangka mesin			
3	Sistem transmisi			
4	Poros			
5	Pisau perajang			
6	Tempat pencacahan			
7	Bantalan (bearing)			
8	Saluran masuk dan keluar			
9	Kaki rangka			
10	Casing			
11	Penutup komponen berputar			

4.2.6 Struktur Modul

Suatu sistim yang terdiri dari bagian-bagian pokok bentuk dasar hingga terbentuk susunan organ kerja atau merupakan pengatur/penyusun beberapa prinsip solusi, sehingga mempunyai alternatif kombinasi yang kemudian diseleksi lagi untuk dapat diwujudkan dalam pilihan yang tepat.

Berikut ini merupakan alternatif kombinasi dari matrix solusi yang telah di tentukan, seperti ditunjukkan pada tabel 4.6 :

Tabel 4.6 Diagram Kombinasi Prinsip Solusi

Prinsip Solusi		Pembagian Fungsi		
		1	2	3
1	Sumber tenaga penggerak			
2	Profil rangka mesin			
3	Sistem transmisi			
4	Poros			
5	Pisau perajang			
6	Tempat pencacah			
7	Bantalan (bearing)			
8	Saluran masuk&keluar			
9	Kaki rangka			
10	Casing			
11	Penutup komponen berputar			

Keterangan :

- a. Varian I : 1.1 – 2.1 – 3.2 – 4.3 – 5.1 – 6.2 – 7.1 – 8.2 – 9.2 – 10.2 – 11.2
- b. Varian II : 1.2 – 2.2 – 3.1 – 4.2 – 5.3 – 6.3 – 7.2 – 8.1 – 9.1 – 10.1 – 11.1
- c. Varian III : 1.3 – 2.3 – 3.3 – 4.1 – 5.2 – 6.1 – 7.3 – 8.3 – 9.3 – 10.3 – 11.3

Berikut ini merupakan tabel evaluasi, evaluasi ini merupakan cara untuk memilih varian yang terbaik dari matrix solusi yang telah dibuat, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.10 berikut ini :

Tabel 4.10 Pilihan Kombinasi-Kombinasi Prinsip Solusi

Tabel 4.10 Pilihan Kombinasi-Kombinasi Prinsip Solusi		Tabel Pemilihan Variasi Struktur Fungsi Untuk Alat Uji Performa Pompa	
VARIAN PRINSIP SOLUSI	Kriteria Pemilihan		Keputusan
	+ ya		(+) Solusi yang dicari
	- tidak		(-) Hapuskan solusi
	? Kurang informasi		(?) Kumpulkan informasi
	! Periksa spesifikasi		(!) Lihat spesifikasi
	Sesuai dengan fungsi kebutuhan		
	Sesuai dengan daftar kehendak		
	Secara prinsip dapat diwujudkan		
	Dalam batas biaya Produksi		
	Pengetahuan tentang Konsep memadai		
	Sesuai Keinginan Perancang		
	Memenuhi syarat kebutuhan		
		PENJELASAN	
		Alternatif ke dua jika terdapat perubahan	
		Sesuai kehendak dan dalam batas biaya	
		Di luar batas biaya	

Dari alternatif kombinasi prinsip-prinsip solusi yang ada dapat dipertimbangkan dengan faktor sebagai berikut :

- Ketersediaan Material/Bahan
- Memenuhi keharusan daftar kehendak
- Kesulitan perakitan
- Kemudahan dalam perawatan
- Pengubahan cara pengoperasian

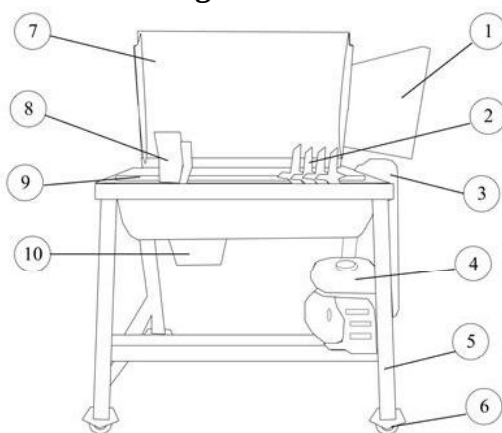
Maka dari data-data diatas, kita dapat menentukan varian yang terbaik, yaitu varian II seperti yang tunjukan pada gambar 3.8 berikut ini :



4.3 Perancangan Tingkat Awal

Setelah matrix solusi ditentukan dan kemudian dilakukan pemilihan dari matrix solusi kemudian langkah selanjutnya adalah memberi bentuk sehingga terbentuk model rancangannya.

4.4 Perancangan Detail



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Lubang Pemasukan Mesin	1
2	Pisau Perajang	12
3	Penutup Komponen Berputar	1
4	Motor Diesel Bensin	1
5	Kerangka	1
6	Roda Mesin	4
7	Casing Mesin	1
8	Perisai Pengeluaran Mesin	3
9	Poros Pisau Perajang	1
10	Lubang Pengeluaran Mesin	1

Mesin yang digunakan penggerak bensin kosoku generic kx-160 memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Daya : 5,5 HP
- Tipe mesin : Air cooled 4 tak OHV single cylinder, PTO Shaft
- Volume silinder : 163 cc
- Bore x stroke : 68 x 45 mm
- Konsumsi bahan bakar : 230 gr/ps/h
- Torsi maksimum : 1,1 kg.m / 2500rpm
- Output maksimum : 4KW / 4000rpm
8. Starter : Recoil
- Kapasitas tangki : 4 liter
- Kapasitas oli : 0,6 liter
- Sistem ignisi : Transistor elektronik
- Berat bersih : 15kg

4.6 Analisa Teknis

4.6.1 Perencanaan Bahan Poros

Poros merupakan sebuah komponen dari mesin pencacah rumput yang berperan penting dalam sistem transmisi. Poros ini berfungsi sebagai pemutar pisau pencacah, selain itu poros juga berfungsi sebagai tempat dudukan pulley. Poros penggerak ini berbentuk silinder dengan ukuran diameter 32 mm dan panjang 1040 mm.

a). Analisa pada poros daya yang ditransmisikan:

$$P = 1 \text{ HP} = 746 \text{ watt} = 0,746 \text{ kw}$$

$$P = 5,5 \text{ HP} = 4101 \text{ watt} = 4,101 \text{ kw}$$

$$n_1 = 4000 \times \frac{3}{4} \text{ puli} = 3000 \text{ rpm (poros)}$$

$$n_2 = 4000 \text{ rpm (mesin)}$$

Momen yang terjadi adalah momen puntir penggerak, yaitu sebesar :

$$Pd = \frac{(T/1000)(2\pi n_1 60)}{102}$$

$$\text{Sehingga } \frac{Pd}{n_2}$$

$$T = 9,74 \times 105 \frac{4,101}{3000}$$

$$T = 1331,45 \text{ kg.mm}$$

Keterangan:

T = Momen puntir (kg.mm)

Pd = Daya yang direncanakan (kW)

n2 = Kecepatana putaran pada poros transmisi (rpm)

Bahan Poros St 41 kekuatan tarik (σ_B) = 41 kg/mm²

Menurut Achmad (1999) untuk bahan yang bekerja pada beban yang dapat ditentukan Sf1 = 2, sedangkan Sf2

diambil 2 sesuai bentuk poros.

Besarnya tegangan yang diijinkan τ_a (kg/mm²) dapat dihitung dengan (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004)

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{sf_1 \times sf_2}$$

$$\tau_a = \frac{41 \text{ kg/mm}^2}{(2 \times 2)}$$

$$= 10,25 \text{ kg/mm}^2$$

b). Perhitungan diameter poros (d_s)

$$d_s = \left\{ \left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) \times K_t \times C_b \times T \right\}^{1/3}$$

dimana :

K_t = factor koreksi tumbukan 2

C_b = faktor koreksi lenturan 2, {harganya antara 1,2 - 2,3, jika diperkirakan tidak akan terjadi pembebanan lentur maka diambil = 2,0} (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004: 8)

$$d_s = \left\{ \left(\frac{5,1}{10,25} \right) \times 2 \times 2 \times 1331,45 \right\}^{1/3}$$

$$= (2649,9)^{1/3} = 32 \text{ mm}$$

Kebutuhan diameter poros ≥ 30 mm dengan pertimbangan bantalan yang terdapat di pasaran, maka diameter poros yang dibuat adalah 32 mm.

Tegangan puntir yang terjadi pada poros yaitu :

$$T_p = \frac{M_p}{W_p} \rightarrow W_p = 0,2 \cdot d^3$$

$$= \frac{1331,45 \text{ Nmm}}{0,2 \times 32,768 \text{ mm}}$$

$$= 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Dalam hal ini bisa diketahui bahwa tegangan puntir yang terjadi lebih kecil dari pada tegangan puntir yang diizinkan yaitu $0,20 \text{ N/mm}^2 < 92,5 \text{ N/mm}^2$, jadi bisa dikatakan aman untuk digunakan.

4.6.2 Perencanaan bahan pisau perajang

Pisau pencacah adalah bagian terpenting dalam mesin pencacah rumput. Pisau tersebut diutamakan dalam ketajamannya, oleh sebab itu bahan pisau pencacah yang dipilih adalah baja karbon

High carbon steel jenis 1095 (per mobil), dengan C 0,9-1,0 (%) ketebalan 0,5 mm.

4.6.3 Perencanaan bahan casing

Casing pada mesin pencacah rumput multifungsi merupakan komponen yang berfungsi sebagai saluran keluar masuk rumput, penutup, pelindung dan sebagai landasan saat proses pencacahan terjadi, sehingga rumput yang dicacah keluar melalui saluran. Bahan yang digunakan untuk casing saluran masuk dan keluar adalah pelat besi dengan ukuran ketebalan 0,2 mm. Pemilihan pelat sebagai bahan casing ini dikarenakan bahan ini memiliki tingkat kekakuan yang sangat baik.

4.6.4 Perencanaan bahan penutup komponen berputar

Bahan ini berfungsi untuk menutup semua komponen yang ada pada bagian dalam mesin. Ada dua casing yang pertama casing penutup rangka dan yang kedua penutup transmisi. Tujuan dari pemasangan casing ini adalah untuk mengurangi potensi terjadinya kecelakaan kerja. Selain itu, casing juga berfungsi sebagai estetika agar penampilan mesin terlihat lebih menarik. Untuk bahan dasar casing penutup rangka digunakan plat besi dengan ketebalan 0,2 mm. Untuk casing penutup transmisi menggunakan plat besi dengan ketebalan 0,3 mm tujuannya agar lebih kuat menahan getaran mesin.

4.6.5 Perencanaan putaran mesin

Direncanakan untuk mencacah

1 batang rumput yang panjangnya 2 m diasumsikan memerlukan sekitar 2560 kali pemotongan, dan direncanakan terdapat 4 pisau perajang. Setiap putaran terjadi 4 kali pencacahan maka untuk merajang 1 batang rumput yang panjangnya 2 m diperlukan :

$$\frac{2560}{4 \times 4} = 160 \text{ putaran}$$

Target perjamnya

$$(Q) = 1500 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Jadi } Q = \frac{n}{\text{putaran}} \times W \dots \dots \dots$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{putaran}}{w} \times Q \\
 &= \frac{160 \text{ put}}{1 \text{ kg}} \times 1500 \text{ kg/jam} \\
 &= 240000 \text{ put/jam} \\
 &= \frac{240000}{60} \text{ put/menit} \\
 &= 4000 \text{ put/menit}
 \end{aligned}$$

Jadi putaran mesin yang dibutuhkan adalah 4000 rpm.

4.6.6 Perencanaan daya motor

Diketahui :

$n_1 = 4000 \text{ rpm}$ $T_2 = 13,062 \text{ Nm}$ $n_2 = 3000 \text{ rpm}$

Besarnya torsi pada T_1 adalah :

$$\begin{aligned}
 \frac{n_1}{n_2} &= \frac{T_1}{T_2} \quad T_1 = \frac{T_2 \cdot n_2}{n_1} \\
 T_1 &= \frac{13,062 \times 3000}{4000} \\
 &= 9,796 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Maka besar daya motor adalah :

$$\begin{aligned}
 P &= T \cdot w \\
 &= \frac{T_2 \pi n}{60} \\
 &= \frac{9,796 \times 2(3,14) \times 4000}{60} \\
 &= 4101,3 \text{ watt} = 4,1 \text{ kw} = 5,5 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Jadi dengan perhitungan diatas maka motor bakar yang digunakan 5,5 HP, hal tersebut dikarenakan disesuaikan dengan motor diesel bensin yang tersedia dipasaran.

4.6.7 Perencanaan sabuk V

Maka perancangan v-belt :

a). Kecepatan linier sabuk-V

Rumus Kecepatan Sabuk :

$$V = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_1}{60 \times 1000} \dots \dots (\text{Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:166})$$

Dimana :

d_p = diameter puli pada poros motor = 50 mm

n_1 = putaran motor = 4000 rpm, maka :

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{3,14 \times 50 \times 4000}{60 \times 1000} \\
 &= 10,466 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

b). Penentuan Jarak Sumbu Poros

Rumus jarak sumbu Poros :

$C = (1,5 - 2) \cdot D_p \dots (\text{Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:166})$

Dimana :

D_p = diameter puli transmisi = 100 mm

Maka :

$C = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm}$

Faktor koreksi :

$$C - \frac{D_p + d_p}{2} > 0$$

Dimana :

D_p = diameter puli transmisi = 100 mm

d_p = diameter puli poros motor = 50 mm

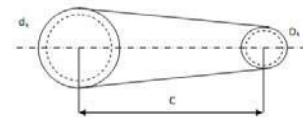
$d_p + (2 \cdot K) \dots (\text{Dobrovolsky, tt:254})$

$= 50 + 2 \cdot 4,5 = 59 \text{ mm}$

Maka :

$$\begin{aligned}
 200 - \frac{100 + 59}{2} &> 0 \\
 120,5 &> 0
 \end{aligned}$$

4.6.8 Perencanaan panjang sabuk (L)



Gambar 4.8 Keterangan rumus perhitungan sabuk-V

Rumus Panjang Sabuk :

$$L = 2C + 1,57 (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2 \quad (\text{Kriesle, 1964:395})$$

Dimana :

C = jarak sumbu poros = 470,5 mm

D_p = diameter puli poros transmisi = 100

d_p = diameter puli poros motor = 50 mm

Maka :

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \cdot 470,5 + 1,57 (50 + 100) + \frac{1}{4 \times 470,5} (100 - 50)^2 \\
 &= 1177,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan dari perhitungan diatas maka, Nomor maksimal sabuk-V Bando A38, L = 1270 mm

4.6.9 Perhitungan sudut kontak (θ)

Rumus sudut kontak :

$$\theta = 180^\circ \frac{57(d_2-d_1)}{c_1} \dots (\text{Sularso, 1997:173})$$

Dimana :

Dp = diameter puli poros transmisi = 100 mm

dp = diameter puli poros motor = 50 mm

C = jarak sumbu poros = 475 mm

Maka :

$$\theta = 180^\circ \frac{57(100-50)}{475} = 174^\circ$$

Untuk menjadikan radian harus dikalikan

$$\frac{\pi}{180^\circ}$$

$$\theta = 1740 \frac{\pi}{180^\circ} .$$

$$= 3,035 \text{ rad}$$

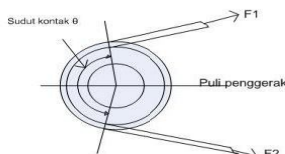
4.6.9.1 Gaya tangensial sabuk-V(F_e) F_e

$\frac{P_0 \cdot 102}{v} \dots (\text{Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:171})$

$$F_e = \frac{4,1 \cdot 102}{10,4}$$

$F_e = 40,21 \text{ kg} \approx 41 \text{ kg}$

4.6.9.2 Sudut kontak antara sabuk dengan puli penggerak



Gambar 4.9 Sudut kontak antara sabung dengan puli yang digerakkan

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(d_2-d_1)}{c_1} \dots (\text{Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:173})$$

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(100 - 50)}{475}$$

$$\theta = 174^\circ$$

faktor koreksi $K_\theta = 1^0 \dots \dots \dots$

Sedangkan sudut kontak antara sabuk dengan puli yang digerakkan adalah :

$$\theta = 360^\circ - 174^\circ = 186^\circ$$

$$\theta = \frac{186}{180^\circ} \times \pi = 3,24 \text{ radian}$$

Dengan demikian besarnya gaya tarik pada sisi tarik sabuk F_1 (kg) :

$$e = 2.72$$

θ = Sudut kontak antara sabuk dengan puli (radian)

μ = Koefisien gesek bahan 0,3

$$F_1 = \frac{e\mu^0}{e\mu^0-1} \times F_e (\text{Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:171})$$

$$F_1 = \frac{2,72 (0,3 \times 3,04)}{2,72 (0,3 \times 3,04)^{-1}} \times 40,21$$

$$F_1 = 64,37 \text{ kg}$$

Besarnya gaya tarik pada sisi kendur sabuk

F_2 (kg) :

$$F_2 = F_1 - F_e$$

$$F_2 = 64,37 - 40,21$$

$$F_2 = 24,16 \text{ kg}$$

Jadi besarnya gaya tarik total yang diterima poros akibat tarikan sabuk F (kg) adalah :

$$F = F_1 + F_2$$

$$F = 64,37 + 24,16 \text{ kg}$$

$$F = 88,53 \text{ kg} \approx 89 \text{ kg}$$

Jadi v-belt yang sesuai dengan sistem transmisi mesin pencacah rumput adalah v-belt tipe A-38 dengan jarak poros 475 mm.

4.6.9.3 Perencanaan pasak pada poros

Bahan pasak yang digunakan dalam perencanaan ini adalah besi cor kelabu FC 20. Menurut Sularso (1997:335) menyebutkan bahwa untuk besi cor kelabu FC memiliki kekuatan tarik sebesar 20 kg/mm².

Dari perhitungan sebelumnya diameter poros transmisi yang direncanakan (d_s) = 32 mm. maka diperoleh standard pasak yang digunakan dengan ukuran sebagai berikut :

Lebar (b) = 7 mm Tinggi (h) = 7 mm

Untuk menentukan panjang pasak yang digunakan dengan menggunakan perbandingan sebagai berikut :

$$0,8 \cdot d_s = 0,8 \cdot 32 = 25,6 \text{ mm} \dots (\text{Sularso, 1977:27})$$

Pemeriksaan panjang pasak dapat diketahui dengan membagi panjang pasak yang digunakan dengan diameter poros.

Apabila perbandingan tersebut antara 0,75 - 1,5 dari diameter poros, maka panjang tersebut memenuhi syarat :

$$0,75 \leq \frac{1}{d_s} \leq 1,5 \quad (\text{Sularso, 1997:28})$$

$$0,75 \leq \frac{25,6}{32} \leq 1,5$$

$$0,75 \leq 0,8 \leq 1,5$$

4.6.9.4 Tegangan geser yang diizinkan (τ_{ka})

$$\tau_{ka} = \frac{\sigma_B}{sfk1 \cdot sfk2} \dots \dots \dots (\text{Sularso, 1997:25})$$

Dimana :

σ_B = kekuatan tarik bahan = 20 kg/mm²

Sf_{k1} = factor keamanan 1 - 6 (diambil 6)

Sf_{k2} = factor keamanan untuk beban halus = 1,0

Maka :

$$\tau_{ka} = \frac{20}{6 \times 1} \dots \dots \dots (\text{Sularso, 1997:25})$$

$$= 3,33 \text{ Kg/mm}^2$$

4.6.9.5 Gaya tangensial yang terjadi (F_t)

$$F_t = \frac{2T}{d_s} \dots \dots \dots (\text{Sularso, 1997:25})$$

Dimana :

T = torsi pada poros transmisi = 1331,45 Kg.mm

d_s = diameter poros transmisi = 32 mm

maka :

$$F_t = \frac{1331,45}{32} = 41,6 \text{ Kg/mm}^2$$

4.6.9.6 Tegangan geser yang terjadi pada pasak (σ_p)

$$\sigma_p = \frac{F_t}{b \cdot l} \dots \dots \dots (\text{Sularso, 1997:25})$$

Dimana :

F_t = gaya tangensial = 41,6 Kg/mm²

b = lebar pasak = 7 mm

l = panjang pasak = 25,6 mm

Maka :

$$\sigma_p = \frac{41,6}{7 \times 25,6} = 0,232 \text{ Kg/mm}^2$$

4.6.9.7 Pemeriksaan kekuatan bahan pasak

Untuk memeriksa kekuatan bahan pasak adalah dengan cara menghitung tegangan geser yang terjadi dibanding dengan tegangan geser yang diizinkan. $\sigma_p \leq \sigma_k$ (Sularso, 1997:27)

$$0,232 \leq 3,33 \text{ (memenuhi syarat)}$$

4.7 Proses manufaktur dan analisa biaya

Di dalam rancang bangun alat mesin pencacah rumput multifungsi ini diperlukan analisa waktu produksi bertujuan untuk mengetahui prosedur kerja yang lebih efisien, menetapkan jumlah pekerja atau peralatan-peralatan kerja yang diperlukan, menetapkan waktu baku dan menetapkan dasar-dasar yang rasional. Dalam menganalisa waktu produksi dibagi menjadi dua macam yaitu waktu produktif dan waktu tidak produktif. Waktu produktif adalah waktu yang benar-benar dipergunakan untuk menyelesaikan pekerjaan sedangkan waktu non produktif adalah waktu kerja yang tidak digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan.

Berikut ini merupakan tabel biaya total seluruh produksi dari mesin pencacah rumput multifungsi seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.17 dibawah ini :

Tabel 4.17 Biaya Total Bahan Baku Alat Uji Performa Pompa Instalasi Seri

No	NAMA BAGIAN	UNIT	HARGA	WAKTU	
			BAHAN BAKU (Rupiah)	Produktif (Menit)	Tidak Produktif (Menit)
1.	Motor Diesel Bensin Kosoku KX-160	1	1.500.000,-	-	-
2.	Belt-V Bando A38	2	150.000,-	-	-
3.	Bantalan NKN P207	2	300.000,-	-	-
4.	Besi AS ST 37	1	150.000,-	-	-
5.	Roda Karet	4	200.000,-	-	-
6.	Per Mobil Untuk Pisau	2	200.000,-	-	-
7.	Engsel Tabung Mesin	2	50.000,-	-	-
8.	Engsel Lubang Pemasukan Mesin	2	20.000,-	-	-
9.	Besi As Bantalan Tabung Mesin	1	100.000,-	-	-
10.	Baut Kaki Mesin Ukuran 14	16	16.000,-	-	-
11.	Baut Motor Bakar Ukuran 10	4	8.000,-	-	-
12.	Baut Kedudukan Motor Bakar Ukuran 16	2	10.000,-	-	-
13.	Baut Gagang Pembuka Tabung Ukuran 8	2	5.000,-	-	-
14.	Baut Bantalan Pemasukan Ukuran 8	8	8.000,-	-	-
15.	Baut Poros Bantalan Ukuran 18	4	20.000,-	-	-

16.	Baut Pengunci Tabung Ukuran 14	2	10.000,-	-	-
17.	Baut Penutup Komponen Berputar Ukuran 10	3	6.000,-	-	-
18.	Baut Pasak Poros Ukuran 6	2	5.000,-	-	-
19.	Baut Pisau Potong Ukuran 15 dan 17	32	100.000,-	-	-
20.	Baut Perisai Pengeluaran Ukuran 17	2	10.000,-	-	-
21.	Baut Puli Ukuran 16	2	5.000,-	-	-
22.	As Puli Aluminium	2	100.000,-	-	-
23.	Cat Kaleng	2	150.000,-	-	-
24.	Elektroda Las	1	100.000,-	-	-
25.	Kerangka Mesin	1	700.000,-	150	60
26.	Casing Tabung Mesin	1	500.000,-	135	60
27.	Penutup Komponen Berputar	1	300.000,-	140	40
28.	Lubang Pemasukan	1	200.000,-	80	40
29.	Lubang Pengeluaran	1	200.000,-	85	40
30.	Pisau Perajang dan Perisai Lubang Pengeluaran	13	500.000,-	125	60
Sub Total			5.623.000,-	715	300

Biaya Kerja = (Waktu Produktif + Waktu Tidak Produktif) x Rp/3 Jam

Biaya Kerja = (715 Menit + 300 Menit) x Rp 50.000,-

= 17 Jam x Rp 50.000,-

= Rp 850.000,-

Biaya Produksi = Harga Bahan Baku + Biaya Kerja

= Rp 5.623.000,- + Rp 850.000,-

= Rp 6.473.000,-

V. SIMPULAN

Dari hasil pembahasan perancangan mesin pencacah rumput multifungsi ini terdapat beberapa kesimpulan yang dapat ditarik, diantaranya yaitu sebagai berikut :

1. Metode perancangan yang digunakan VDI 2221.
2. Terdapat tiga konsep varian Mesin pencacah rumput multifungsi yang telah dibuat yaitu sebagai berikut :

Varian I : 1.1 – 2.1 – 3.2 – 4.3 – 5.1 – 6.2 – 7.1 – 8.2 – 9.2 – 10.2 – 11.2



Varian II : 1.2 – 2.2 – 3.1 – 4.2 – 5.3 – 6.3 – 7.2 – 8.1 – 9.1 – 10.1 – 11.1



Varian III : 1.3 – 2.3 – 3.3 – 4.1 – 5.2 – 6.1 – 7.3 – 8.3 – 9.3 – 10.3 – 11.3



3. Konsep varian II yang dipilih dengan kombinasi prinsip solusi sebagai berikut :

1.2 – 2.2 – 3.1 – 4.2 – 5.3 – 6.3 – 7.2 – 8.1 – 9.1 – 10.1 – 11.1



4. Pencacahan yang dihasilkan mencapai 1500 kg/jam dengan daya 5,5 Hp di 4000 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ambiyar. 2008. Teknik Pembentukan Pelat. Jakarta: Depdiknas.
2. Sularso dan Suga, Kiyokatsu, (2004). Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin Jakarta : Pradnya Paramita.
3. Tim Proyek akhir, 2003. Tim Pedoman Proyek Akhir, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
4. Anonim. “ Budidaya-rumput-gajah-untuk-pakan-ternak “<http://sutanmuda.wordpress.com>.
5. Ansel C. Ugural. 2003. Mechanical Design: An Integrated Approach. New York: McGraw-Hill Inc
6. Darmawan, H. 2000. Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan

- Produk). Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.
7. Harahap, G. 2000. Perencanaan Teknik Mesin Edisi Keempat Jilid 1 (Shigley, J.E., dan Mitchell, L.D. Terjemahan) Jakarta: Erlangga.
 8. Juhana, Ohan, dan Suratman, M. 2000. Menggambar Teknik Mesin dengan Standar ISO. Bandung : Pustaka Grafika.
 9. Mott, Robert L. 2004. Machine Elements in Mechanical Design : Fourth Edition New Jersey : pearson Education
 10. Puspito, J. 2006. Elemen Mesin Dasar.Yogyakarta. IKI
 11. Saito, S., & Surdia, T. 2005. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: Pradnya Paramita
 12. Saputro, A. 2000. Anggaran Perusahaan. Yogyakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Gadjah Mada. Jilid kedua, cetakan ke-10
 13. Sato, T. G. 2000. Menggambar Mesin Menurut Standar ISO. Jakarta: Pradnya Paramita.
 14. G.Pahl and W.Beitz, ENGINEERING DESIGN (Asystem Approach), Translate by Ken Wallace, Lucienne Blessing and Frank Bauert, edited By Ken Wallace 1995.
 15. www.ojs.unud.ac.id
 16. www.simki.unpkediri.ac.id
 17. www.journal.unigres.ac.id